Paternotte Mattéo

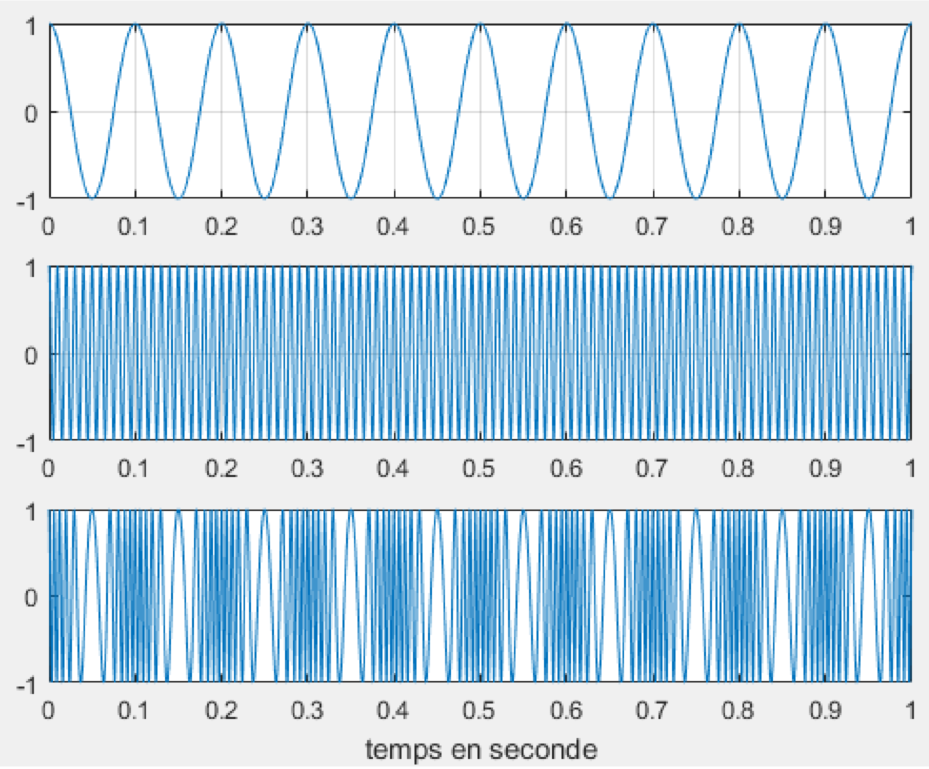
TP 2 :

Modulation angulaire : Etude en simulation

Programme 1 : Modulant sinusoïdal

1) Saisir le programme

```
%simulation s'une modulation de fréquence et
%calcul de son spectre , modulant sinusoïdal
%donné de la simulation
fm = 10 % fréquence du signal modulant
fo = 100 % fréquence de la porteus
Fe =  8192 % Fréquence d'échantillonage
Te = 1/Fe %période d'échantillonnage
nfft = 8192 %nbre de points pour le calcul la FFT
T = 1 %durée du signal à simuler en seconde
k= 2.36 %coefficient de modulation de phase
b= 7 % indice de modulation de fréquence
N= T/Te % nombre de points dans le signal
t= 0:Te:T; %tableau des instant
x1= cos(2*pi*fm*t); % simule le signal modulant
x2= cos(2*pi*fo*t); %simule de la porteuse
w= 2*pi*fm
wo = 2*pi*fo
x= cos(wo*t+ b*sin(w*t));%simule la modulation en FM
%fonction graphique
figure(1);grid
subplot(3,1,1); plot(t,x1);grid
subplot(3,1,2);plot(t,x2);grid
subplot(3,1,3);plot(t,x);xlabel('temps en seconde');
```



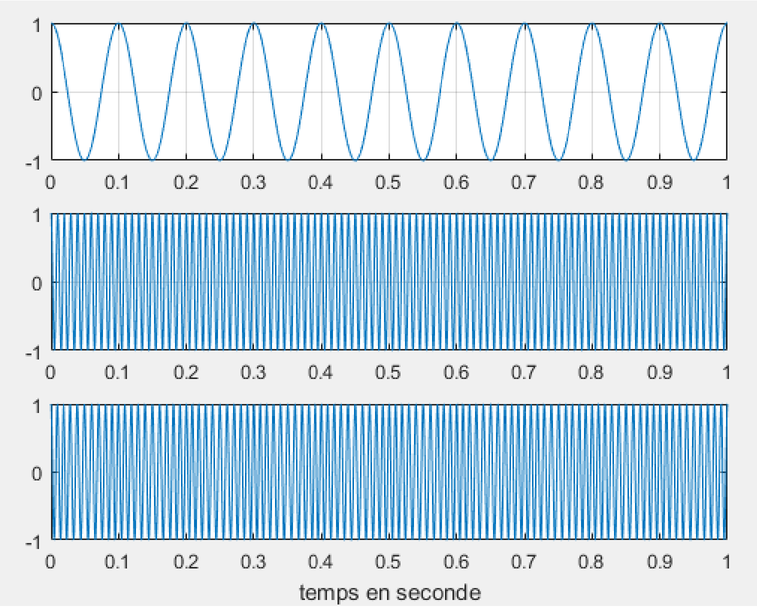
Question 11

a)Observer les concordances entre la variation de l'amplitude du signal message et les variations de la fréquence de la porteuse. Indiquer les instants de changement de fréquence.

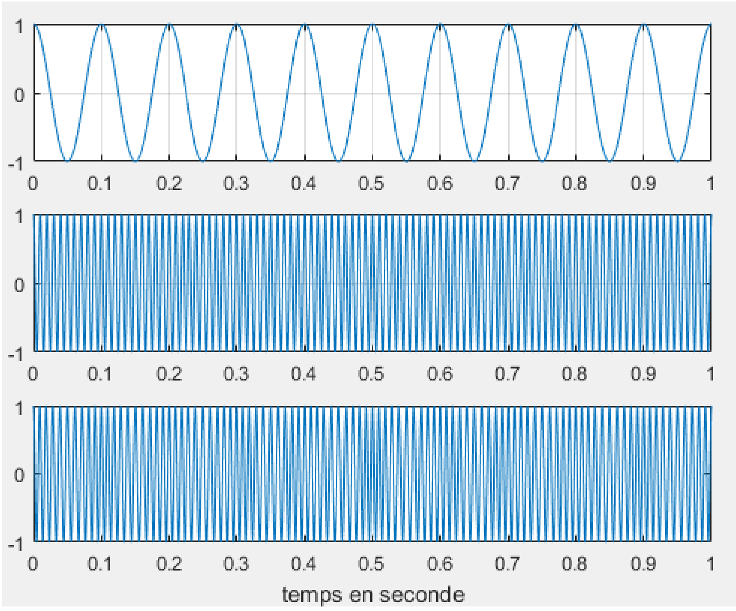
On peut remarquer des changements de fréquence vers environs 12ms puis on peut observer que cette évènement ce répète tous les 50ms.

b) Modifier la valeur de l'indice β et observer le niveau de modulation engendré. Prendre β=0.7, 1, 5, 7, 10. Que peut-on dire de l'excursion en fréquence ?

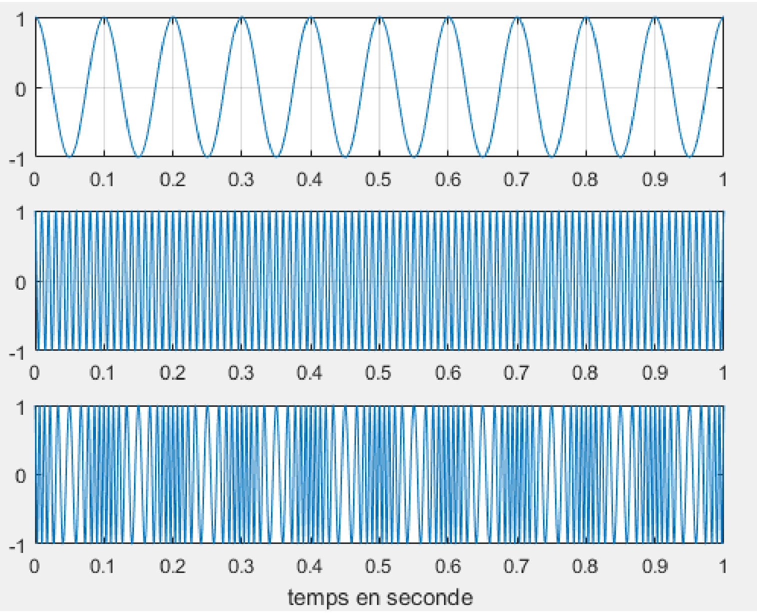
β=0,7



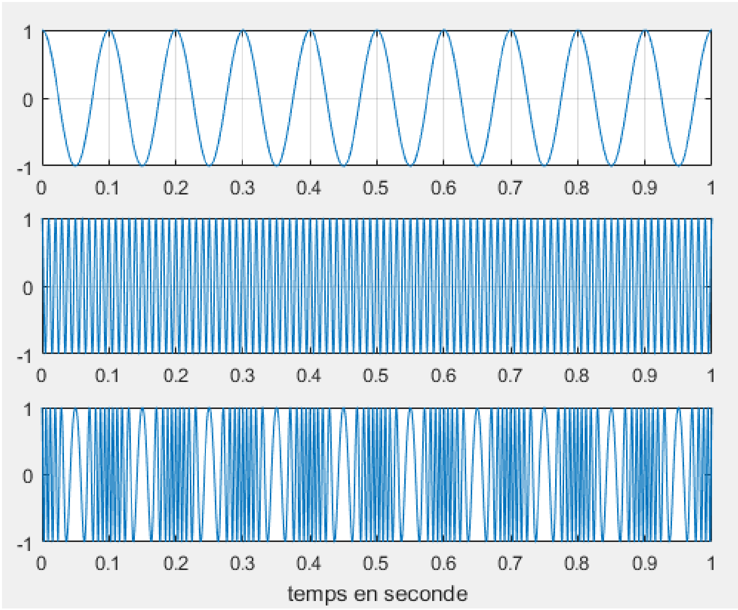
β=1



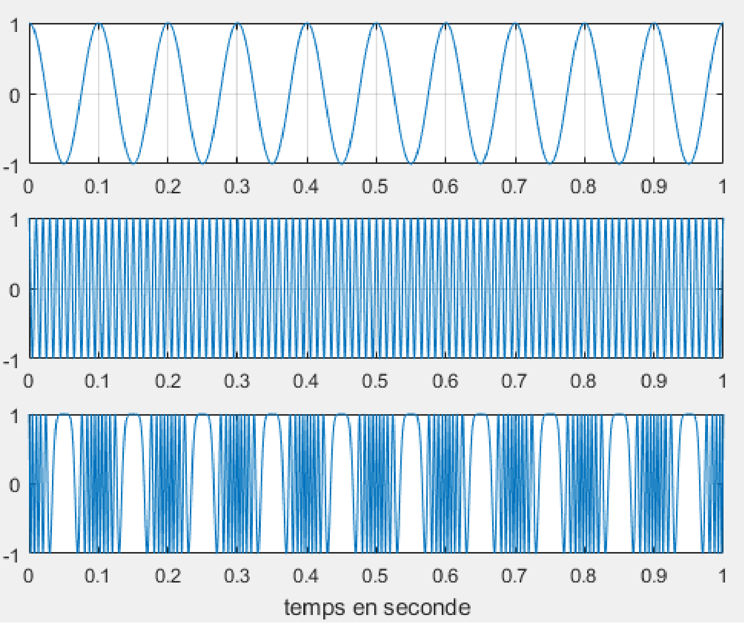
β=5



β=7



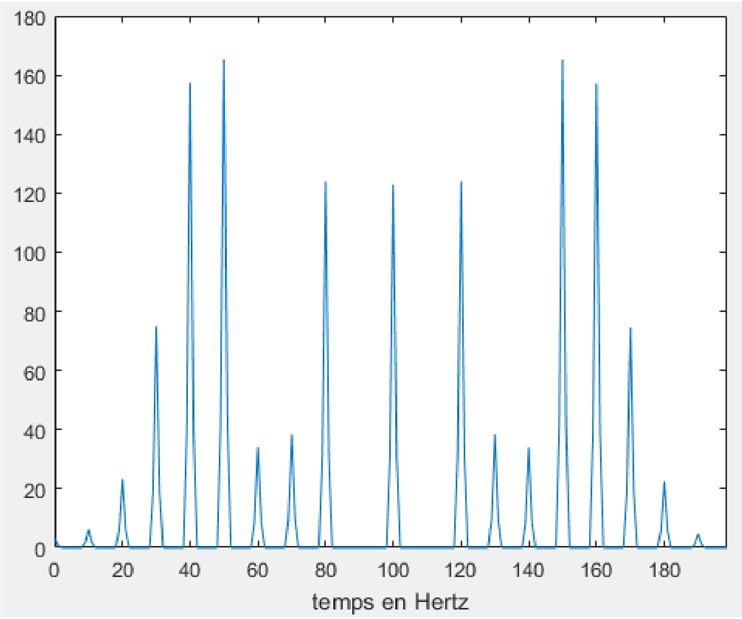
β=10



On peut remarquer que l'excursion en fréquence varie en fonction de l'indice de modulation de fréquence plus il est grand plus on va voir une fréquence faible pour l'état bas du signal message et à l'inverse plus il est bas moins on va voir une différence entre les fréquences de l'état bas et de l'état haut.

2) Spectre du signal modulé en fréquence pour β = 7

```
%spectre du signal modulé en fréquence
[pxx, f] = psd(x,nfft,Fe); %estime le spectre
%d'amplitude
figure(2);plot(f,pxx);xlabel('temps en Hertz');
```



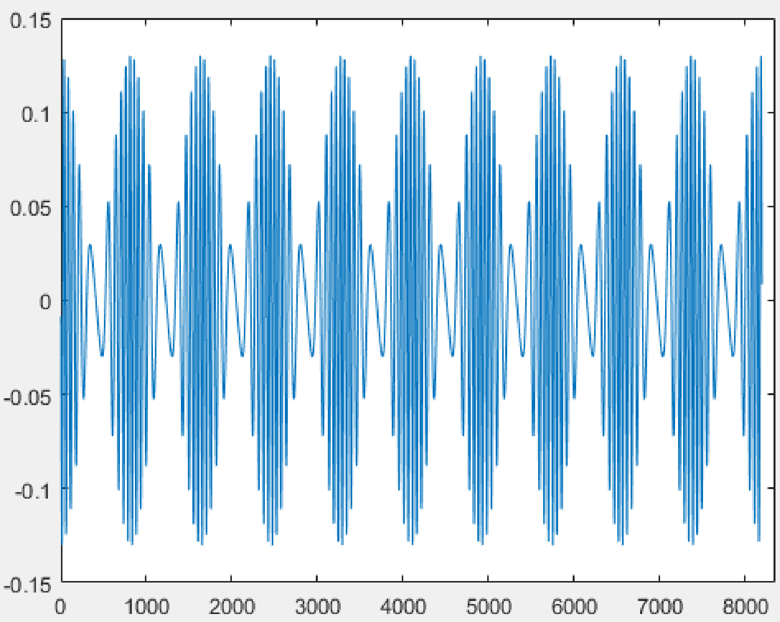
Question 12

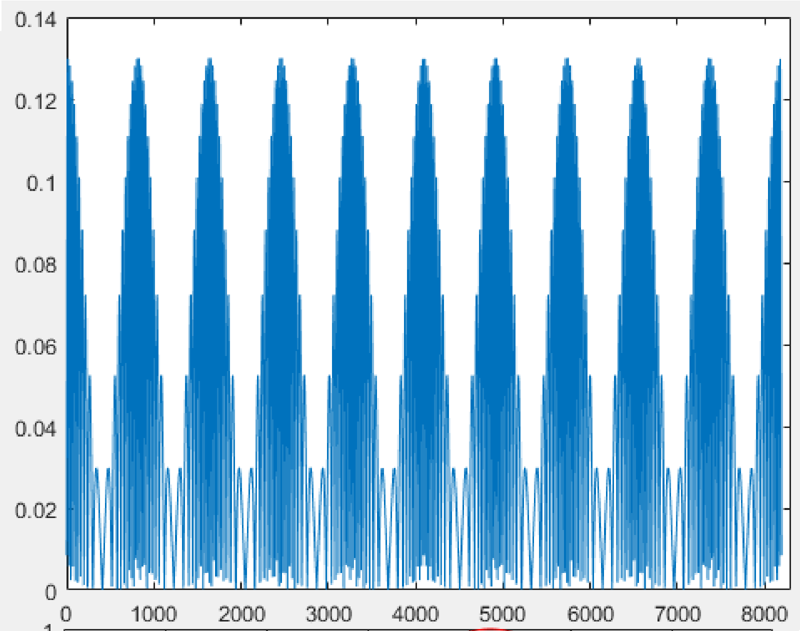
Relever les positions fréquentielles des raies. Pourquoi la raie à $f_0 - f$ est-elle d'amplitude nulle ?

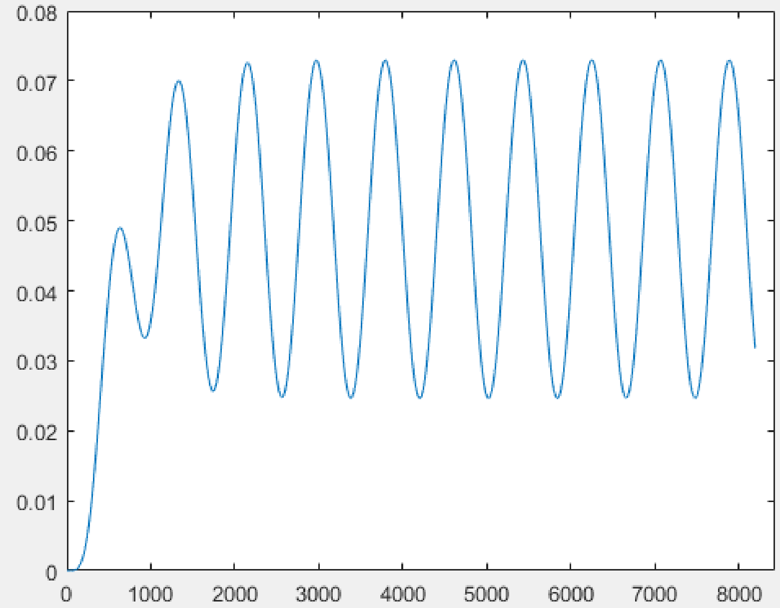
La raie $f_0 - f$ est de valeur -0.0047 donc on ne le voie pas.

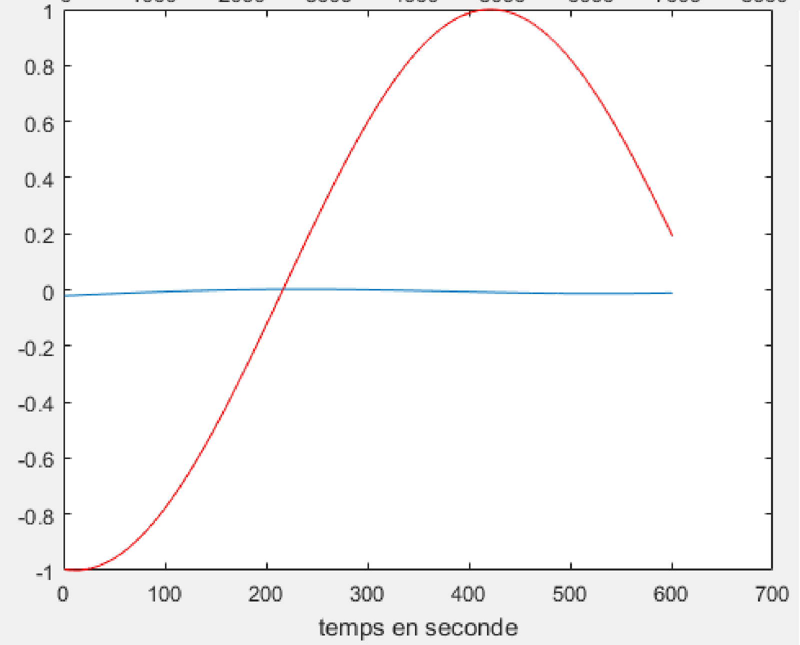
3) Démodulation par discriminateur pour β = 7

```
%démodulation par discriminateur, détection d'enveloppe
y= diff(x) % calcul de la dérivée
figure(3)
plot(y) % signal modulé en amplitude et en fréquence
xab= abs(y) %redressement
figure(4); xlabel('temps en seconde')
plot(xab) %signal redresse
freqn= (2*fm)/Fe % fréquence normalisé
[b,a]= butter(5,freqn, 'low') %calcul des paramètres pour le filtrage
y= filter(b,a,xab) %récupération du signal basse freq.
figure(5);xlabel('temps en seconde')
plot(y) %signal filtré passe bas
y = y-mean(y) % filtrage de la composante continue
z= y(400:1000) % portion du signal stable
figure (6)
plot(z);hold on; plot(x1(400:1000),'r');
xlabel('temps en seconde')%comparaison du signal modulant
%et du signal démodulé
hold off
```





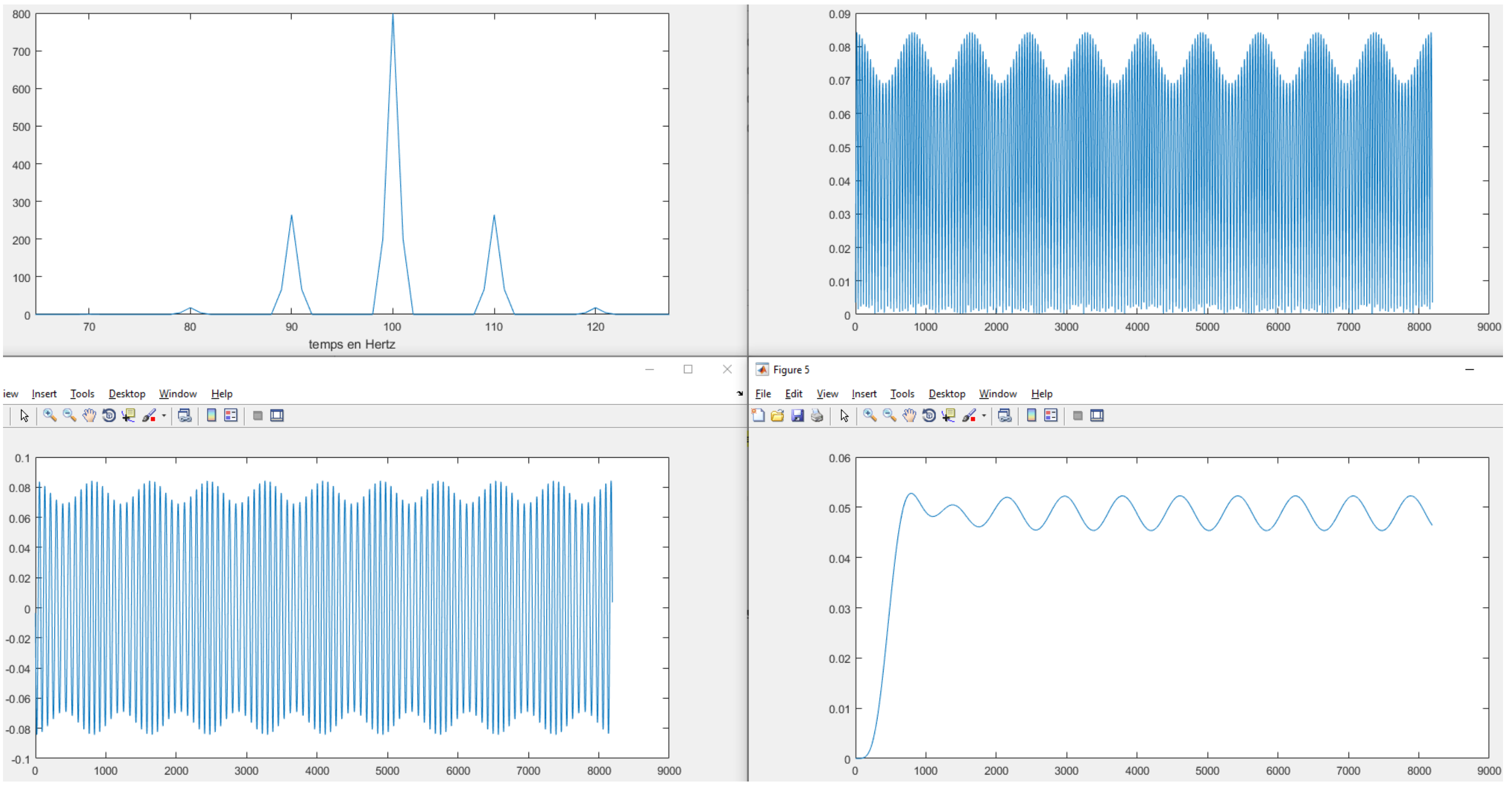




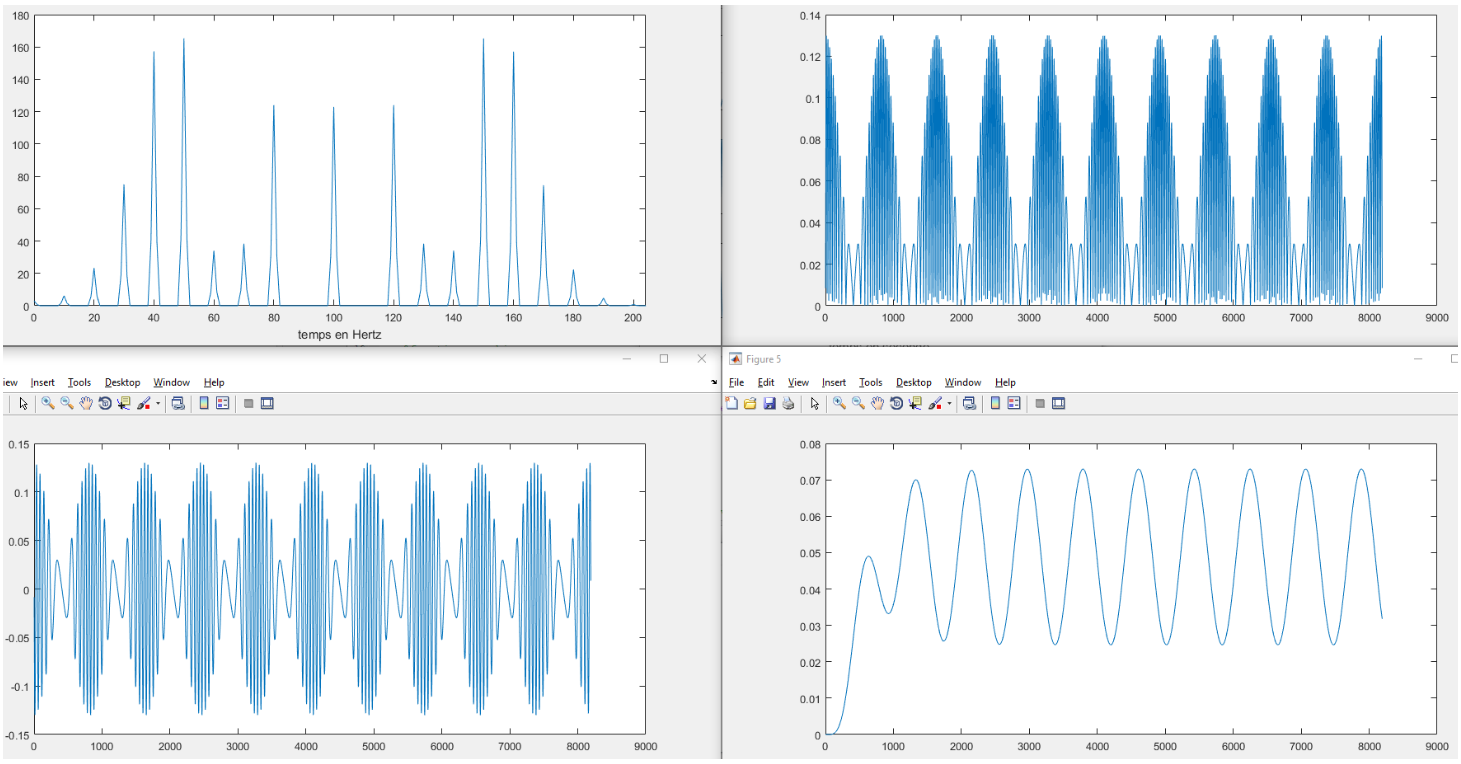
Question 13 : Pour β = 1 et β = 7

Observer les figures de la démodulation par discriminateur et commenter les résultats.

Pour β = 1



Pour β = 7



On observe qu'on obtient bien à la fin un signal sinusoïdal.

Programme 2 : Modulant non sinusoïdal, notion de fréquence instantanée

1) Fréquence instantanée :

$$\mathrm{Fi(t)} = \frac{1}{2\pi} \times \frac{d\phi(t)}{dt} = f_0 + \frac{k}{2\pi}\frac{du(t)}{dt}$$

Pour t $\boldsymbol{\epsilon} \;] \; \mathbf{0}, \frac{\boldsymbol{T}}{\mathbf{2}} [$ **u(t)= ?**

$$u(t) = a \times t + b$$

$$a = \frac{u\left(\frac{T}{2}\right) - u(0)}{\frac{T}{2} - 0} = \frac{E + E}{\frac{T}{2}} = \frac{4E}{T}$$

$$\mathbf{u(t)} = \frac{\mathbf{4}\boldsymbol{E}}{\boldsymbol{T}}\boldsymbol{t} - \mathbf{4}$$

$$\frac{\boldsymbol{du(t)}}{\boldsymbol{dt}} = \boldsymbol{perte} = \frac{\mathbf{4}\boldsymbol{E}}{\boldsymbol{T}}$$

Pour t $\boldsymbol{\epsilon} \;] \; \frac{\boldsymbol{T}}{\mathbf{2}}, \boldsymbol{T} [$ **u(t)= ?**

$$u(t) = a' \times t + b'$$

$$\mathbf{u(t)} = \frac{-\mathbf{4}\boldsymbol{E}}{\boldsymbol{T}}\boldsymbol{t} + \mathbf{12}$$

$$\frac{\boldsymbol{du(t)}}{\boldsymbol{dt}} = \boldsymbol{perte} = \frac{-\mathbf{4}\boldsymbol{E}}{\boldsymbol{T}}$$

Calcul des fréquences instantanées

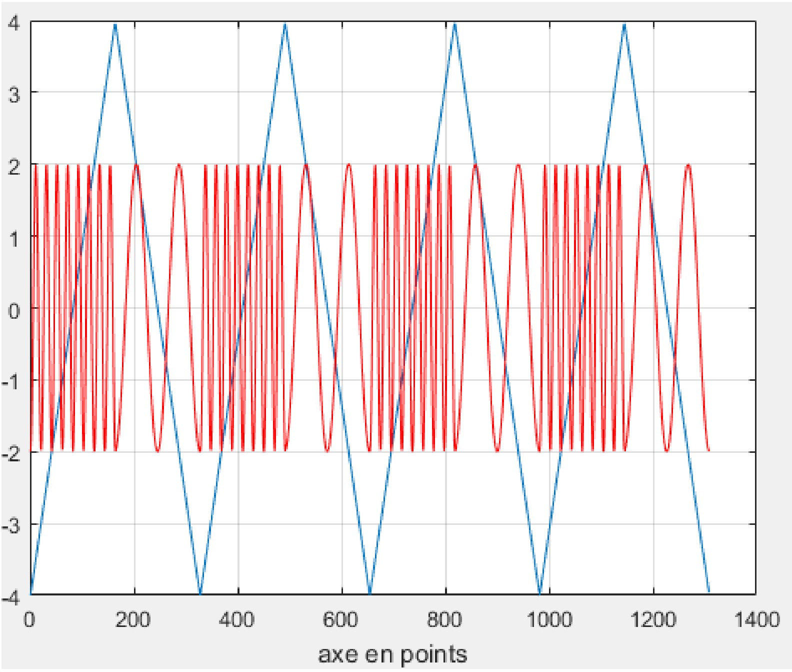
Pour t $\boldsymbol{\epsilon} \;] \; \mathbf{0}, \frac{\boldsymbol{T}}{\mathbf{2}} [$

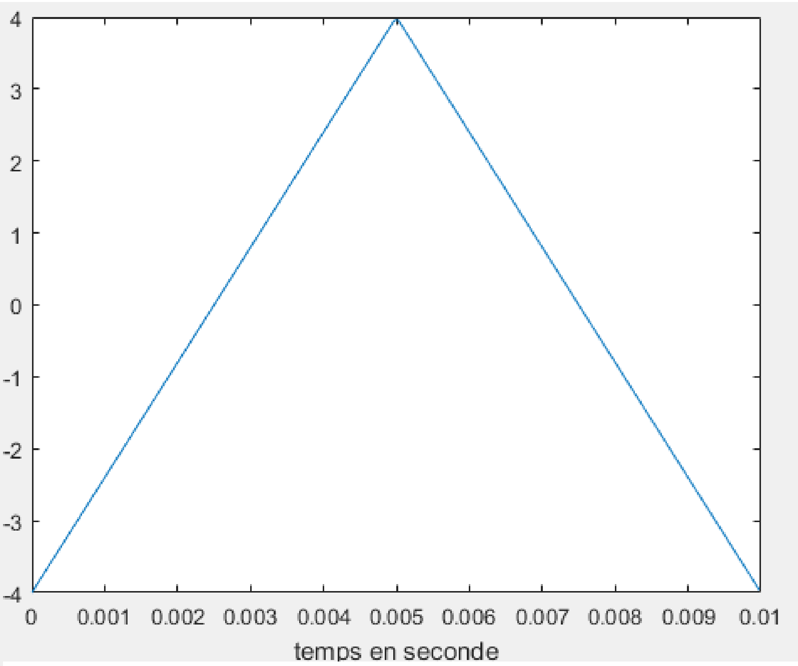
$$\mathrm{Fi(t)} = f_0 + \frac{k}{2\pi}\frac{du(t)}{dt} = f_0 + \frac{k}{2\pi}\frac{4E}{T} = f_0 + \frac{2kE}{\pi T} = 1000 + \frac{2 \times 2.36 \times 4}{\pi \times 0.01} = \mathbf{1601}\boldsymbol{Hz}$$

Pour t $\boldsymbol{\epsilon} \;] \; \frac{\boldsymbol{T}}{\mathbf{2}}, \boldsymbol{T} [$

$$\mathrm{Fi(t)} = f_0 + \frac{k}{2\pi}\frac{du(t)}{dt} = f_0 + \frac{k}{2\pi}\frac{-4E}{T} = f_0 - \frac{2kE}{\pi T} = 1000 - \frac{2 \times 2.36 \times 4}{\pi \times 0.01} = \mathbf{400}\boldsymbol{Hz}$$

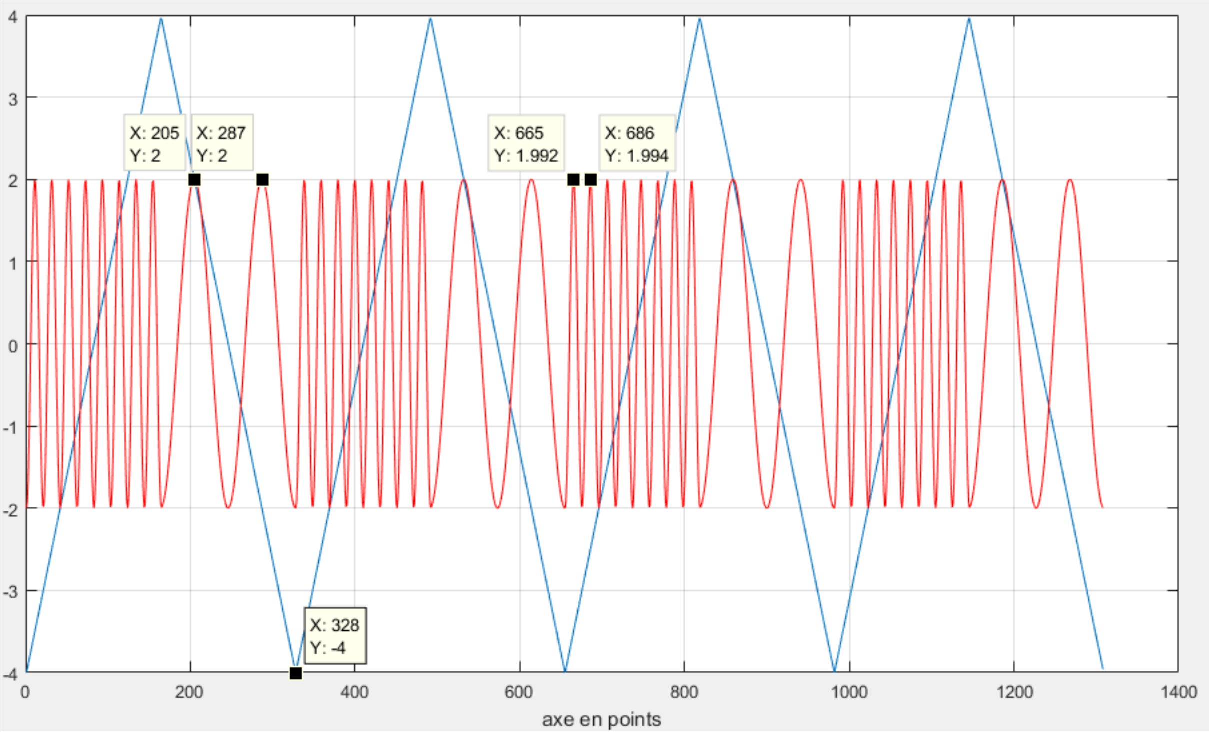
```
%simulation d'une modulation de phase modulant
%non sinusoïdal
%donné de la simulation
f = 100 % fréquence du signal modulant
%triangulaire
fo = 1000 % fréquence de la porteuse
Fe =  8192*4 % Fréquence d'échantillonage
Te = 1/Fe %période d'échantillonnage
T = 1/f %durée du signal triangulaire,T=0.01
k= 2.36 %coefficient de modulation de phase
a1= 16/T %pente positive
a2= -16/T %pente négative
b1= -4 %ordonné à l'origine premier intervalle
b2= 12 %ordonné à l'origine deuxième intervalle
t1= 0:Te:T/2; %tableau des instants 1er
%intervalle
t2= (T/2+Te):Te:T; %tableau des instants 2eme
%intervalle
t= [t1 t2] % tableau des instant pour une période
x1= a1*t1+b1; %partie montante du signal triangulaire
x2= a2*t2+b2; %partie descendante du signal
%triangulaire
x= [x1 x2]%une période du signal triangulaire
figure(1); plot(t,x);xlabel('temps en seconde')
s= [x x x x] %signal modulant sur 4 périodes
wo= 2*pi*fo%
phi= wo*t + k*x %phase instantanée
v= 2*cos(phi);%signal modulé en phase sur une période
vf= [v v v v]%modulation sur 4 période
%fonction graphique
figure(2);grid
plot(s);grid;hold on;
plot(vf,'r');hold off
xlabel ('axe en points')
```





Question 13

Mesurer les deux fréquences instantanées générées et comparer aux valeurs théoriques recalculées avec les données ci-dessous.



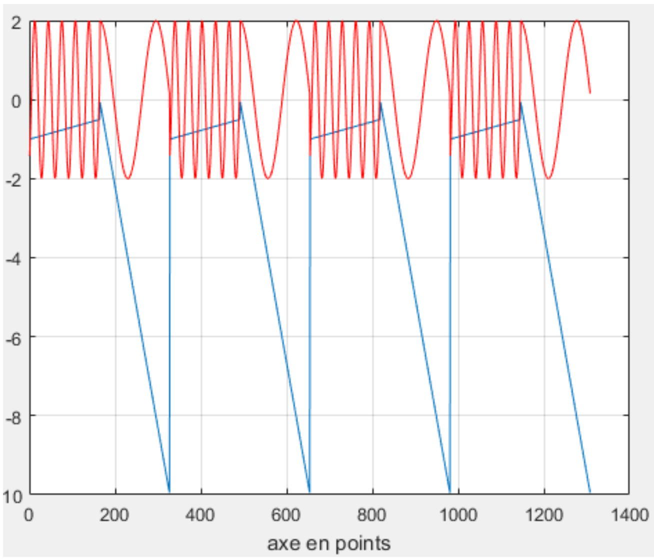
On à 328 point par 10 ms donc pour 1 seconde on a 32728 point.

$$\mathrm{Fi(t)} = \frac{1}{\frac{287-205}{32728}} = 400Hz \qquad \mathrm{Fi(t)} = \frac{1}{\frac{686-665}{32728}} = 1558Hz$$

On peut voir que sa correspond à nos valeur théorique.

Modifier la valeur de la pente du signal modulant et observer la conséquence sur la fréquence instantanée.

a1= 1/T, a2= -20/T, b1= -1, b2= 10



On peut voir que plus à est petit plus la fréquence instantané baisse.

Programme 3 :

$\mathrm{Fi(t)} = \frac{1}{2\pi} \times \frac{d\phi(t)}{dt} = f_0 + \frac{k}{2\pi}\frac{du(t)}{dt}$

Pour t $\boldsymbol{\epsilon}$ $]\ \boldsymbol{0}, \frac{\boldsymbol{T}}{\boldsymbol{4}}[$ **u(t)= ?**

u(t)=at+b

$$a = \frac{u\left(\frac{T}{4}\right) - u(0)}{\frac{T}{4} - 0} = \frac{E+E}{\frac{T}{4}} = \frac{8E}{T}$$

$$\mathbf{u(t)} = \frac{\boldsymbol{8E}}{\boldsymbol{T}}\boldsymbol{t} - \mathbf{4} = \frac{\mathbf{24}}{\boldsymbol{T}}\boldsymbol{t} - \mathbf{4}$$

$$\frac{\boldsymbol{du(t)}}{\boldsymbol{dt}} = \boldsymbol{perte} = \frac{\mathbf{24}}{\boldsymbol{T}}$$

Pour t $\boldsymbol{\epsilon}$ $]\ \frac{\boldsymbol{T}}{\boldsymbol{4}}, \frac{\boldsymbol{T}}{\boldsymbol{2}}[$ **u(t)= ?**

$u(t) = a' \times t + b'$

$$a = \frac{u\left(\frac{T}{2}\right) - u(\frac{T}{4})}{\frac{T}{2} - \frac{T}{4}} = \frac{E-E}{\frac{T}{4}} = 0$$

$$\mathbf{u(t)} = \mathbf{4}$$

$$\frac{\boldsymbol{du(t)}}{\boldsymbol{dt}} = \boldsymbol{perte} = \mathbf{0}$$

Pour t $\boldsymbol{\epsilon}$ $]\ \frac{\boldsymbol{T}}{\boldsymbol{2}}, \frac{\boldsymbol{3T}}{\boldsymbol{4}}[$ **u(t)= ?**

$u(t) = a' \times t + b'$

$$a = \frac{u\left(\frac{3T}{4}\right) - u(\frac{T}{2})}{\frac{3T}{4} - \frac{T}{2}} = \frac{-E-E}{\frac{T}{4}} = \frac{-8E}{T}$$

$$\mathbf{u(t)} = \frac{\boldsymbol{-8E}}{\boldsymbol{T}}\boldsymbol{t} + \mathbf{20} = \frac{\mathbf{-24}}{\boldsymbol{T}}\boldsymbol{t} + \mathbf{20}$$

$$\frac{\boldsymbol{du(t)}}{\boldsymbol{dt}} = \boldsymbol{perte} = \frac{\mathbf{-28}}{\boldsymbol{T}}$$

Pour t ϵ] $\frac{3T}{4}, T$ [u(t)= ?

$u(t) = a \times t + b$

$$a = \frac{u(T) - u(\frac{3T}{4})}{T - \frac{3T}{4}} = \frac{-E + E}{\frac{T}{4}} = 0$$

$\mathbf{u(t) = -4}$

$$\frac{\boldsymbol{du(t)}}{\boldsymbol{dt}} = \boldsymbol{perte} = \mathbf{0}$$

Calcul des fréquences instantanées

Pour t ϵ] $\mathbf{0}, \frac{T}{4}$ [

$$\mathrm{Fi(t)} = f_0 + \frac{k}{2\pi}\frac{du(t)}{dt} = f_0 + \frac{k}{2\pi}\frac{32}{T} = 1000 + \frac{2.36 \times 32}{2\pi \times 0.02} = \mathbf{1600}\boldsymbol{Hz}$$

Pour t ϵ] $\frac{T}{4}, \frac{T}{2}$ [

$$\mathrm{Fi(t)} = f_0 + \frac{k}{2\pi}\frac{du(t)}{dt} = f_0 + \frac{k}{2\pi}\frac{-4E}{T} = 1000 + \frac{2.36 \times 0}{2\pi \times 0.02} = \mathbf{1000}\boldsymbol{Hz}$$

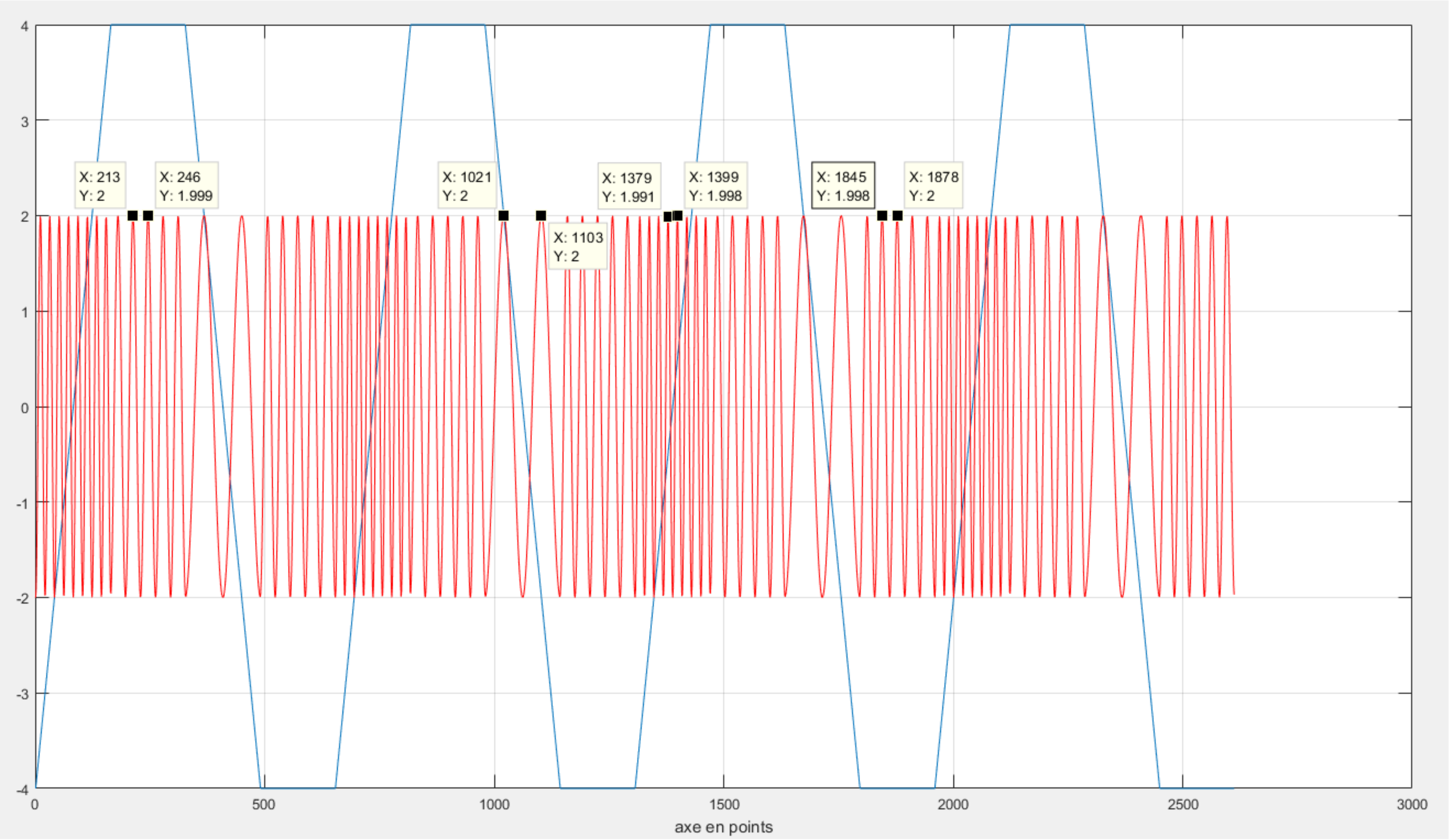
Pour t ϵ] $\frac{T}{2}, \frac{3T}{4}$ [

$$\mathrm{Fi(t)} = f_0 + \frac{k}{2\pi}\frac{du(t)}{dt} = f_0 + \frac{k}{2\pi}\frac{-4E}{T} = 1000 - \frac{2.36 \times 32}{2\pi \times 0.02} = \mathbf{400}\boldsymbol{Hz}$$

Pour t ϵ] $\frac{T}{4}, \frac{T}{2}$ [

$$\mathrm{Fi(t)} = f_0 + \frac{k}{2\pi}\frac{du(t)}{dt} = f_0 + \frac{k}{2\pi}\frac{-4E}{T} = 1000 - \frac{2.36 \times 0}{2\pi \times 0.02} = \mathbf{1000}\boldsymbol{Hz}$$

```
%simulation d'une modulation de phase modulant
%non sinusoïdal
%donné de la simulation
f = 50 % fréquence du signal modulant triangulaire
fo = 1000 % fréquence de la porteuse
Fe =  8192*4 % Fréquence d'échantillonage
Te = 1/Fe %période d'échantillonnage
T = 1/f %durée du signal triangulaire,T=0.01
k= 2.36 %coefficient de modulation de phase
a1= 32/T %pente positive
a2= 0 %pente négative
a3= -32/T
a4= 0
b1= -4 %ordonné à l'origine premier intervalle
b2= 4 %ordonné à l'origine deuxième intervalle
b3= 20
b4= -4
t1= 0:Te:T/4; %tableau des instants 1erintervalle
t2= (T/4+Te):Te:T/2; %tableau des instants 2emeintervalle
t3= (T/2+Te):Te:3*T/4;
t4= (3*T/4+Te):Te:T;
t= [t1 t2 t3 t4] % tableau des instant pour une période
x1= a1*t1+b1; %partie montante du signal triangulaire
x2= a2*t2+b2; %partie descendante du signal triangulaire
x3= a3*t3+b3;
x4= a4*t4+b4;
x= [x1 x2 x3 x4]%une période du signal triangulaire
figure(1); plot(t,x);xlabel('temps en seconde')
s= [x x x x] %signal modulant sur 4 périodes
wo= 2*pi*fo%
phi= wo*t + k*x %phase instantanée
v= 2*cos(phi);%signal modulé en phase sur une période
vf= [v v v v]%modulation sur 4 période fonction graphique
figure(2);grid
plot(s);grid;hold on;
plot(vf,'r');hold off
xlabel ('axe en points')
```



$$\mathrm{Fi(t)} = \frac{1}{\frac{246-213}{32728}} = 991Hz \qquad \mathrm{Fi(t)} = \frac{1}{\frac{1103-1021}{32728}} = 400Hz$$

$$\mathrm{Fi(t)} = \frac{1}{\frac{1399-1379}{32728}} = 1636Hz \qquad \mathrm{Fi(t)} = \frac{1}{\frac{1379-1021}{32728}} = 991Hz$$

Cela correspond à ce qu'on a trouvé en théorie.